



(51) 国際特許分類 G01T 1/20	A1	(11) 国際公開番号 WO00/36436 (43) 国際公開日 2000年6月22日(22.06.00)
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP98/05645</p> <p>(22) 国際出願日 1998年12月14日(14.12.98)</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 浜松ホトニクス株式会社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.)[JP/JP] 〒435-8558 静岡県浜松市市野町1126番地の1 Shizuoka, (JP)</p> <p>(72) 発明者 ; および</p> <p>(75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 楠山 泰(KUSUYAMA, Yutaka)[JP/JP] 野中克俊(NONAKA, Katsutoshi)[JP/JP] 〒435-8558 静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 長谷川芳樹, 外(HASEGAWA, Yoshiki et al.) 〒104-0031 東京都中央区京橋二丁目13番10号 京橋ナショナルビル6F 創英国際特許法律事務所 Tokyo, (JP)</p>		<p>(81) 指定国 AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), ARIPO特許 (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM)</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>
<p>(54) Title: OPTICAL ELEMENT AND RADIATION DETECTOR USING THE SAME</p> <p>(54) 発明の名称 光学素子及びこれを用いた放射線検出器</p> <div data-bbox="600 1213 1120 1612"> </div> <p>(57) Abstract</p> <p>A radiation detector (10) comprising three optical members (12, 14, 16) having their light incident end faces (12a, 14a, 16a) arranged in almost the same plane, a scintillator (18) mounted on the light incident end faces (12a, 14a, 16a) of the optical members (12, 14, 16), a plurality of CCDs (20) for picking up optical images output from light outgoing end faces (12b, 14b, 16b) of the optical members (12, 14, 16), and a plurality of light guiding optical members (22) for guiding the optical images output from the light outgoing end faces (12b, 14b, 16b) of the optical members (12, 14, 16) to the CCDs (20), wherein the optical members (12, 14, 16) are securely bonded together with a clearance of 10-15 μm by an adhesive (24) that has a light absorbing characteristic, and a protective film (26) is provided over the scintillator (18).</p>		

(57)要約

放射線検出器10は、入射端面12a, 14a, 16aが略同一平面上に配置されるように配列された3枚の光学部材12, 14, 16と、光学部材12, 14, 16の入射端面12a, 14a, 16a上に設けられたシンチレータ18と、光学部材12, 14, 16の出射端面12b, 14b, 16bから出力される光イメージを撮像する複数のCCD20と、光学部材12, 14, 16の出射端面12b, 14b, 16bから出力される光イメージをCCD20に導く複数の導光用光学部材22を備えて構成される。各光学部材12, 14, 16は、光吸収特性を有する接着剤24によって接着固定され、その間隔は10~15 μ mとなっている。また、シンチレータ18上には、保護膜26が設けられている。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AL	アルバニア	EE	エストニア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LK	スリ・ランカ	SG	シンガポール
AU	オーストラリア	FR	フランス	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LS	レソト	SK	スロヴァキア
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BE	ベルギー	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MA	モロッコ	TD	チャード
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BJ	ベナン	GN	ギニア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BR	ブラジル	GW	ギニア・ビサウ	MG	マダガスカル	TZ	タンザニア
BY	ベラルーシ	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TM	トルクメニスタン
CA	カナダ	HR	クロアチア		共和国	TR	トルコ
CF	中央アフリカ	HU	ハンガリー	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
CG	コンゴ	ID	インドネシア	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
CH	スイス	IE	アイルランド	MR	モーリタニア	UG	ウガンダ
CI	コートジボアール	IL	イスラエル	MW	マラウイ	US	米国
CM	カメルーン	IN	インド	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CN	中国	IS	アイスランド	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NL	オランダ	YU	ユーゴスラビア
CU	キューバ	JP	日本	NO	ノルウェー	ZA	南アフリカ共和国
CY	キプロス	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド	ZW	ジンバブエ
CZ	チェコ	KG	キルギスタン	PL	ポーランド		
DE	ドイツ	KP	北朝鮮	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク	KR	韓国	RO	ルーマニア		

明 細 書

光学素子及びこれを用いた放射線検出器

5 技術分野

本発明は、光学素子及びこれを用いた放射線検出器に関し、特に、大面積の受光部を有する放射線検出器及びこれに用いる光学素子に関する。

背景技術

10 医療、工業等の分野において、放射線イメージを迅速かつ高精度に検出、撮像する放射線検出器の必要性が高まっている。この必要性に応えるべく、例えば、放射線イメージを光イメージに変換するシンチレータ、かかる光イメージを撮像する撮像素子、及び、シンチレータから出力された光イメージを撮像素子に導く導光用光学部材を備えた放射線検出器が知られている。

15 また、上記導光用光学部材として、数百万本/ cm^2 の光ファイバを互いに平行に配置して一体成形した光学部材が用いられることが多い。かかる光学部材は、その入射端面に入射した光イメージを分解能の高い状態でその出射端面まで伝送し、出射端面から出射させることができるからである。

さらに、受光面を大きくし、比較的広範囲にわたる放射線イメージの検出、撮
20 像を行うことのできる放射線検出器として、例えば、特開平7-211877号公報に開示された放射線検出器が知られている。かかる放射線検出器は、互いに直交する入射端面と出射端面とを有する上記光学部材の入射端面にシンチレータを設け、出射端面に撮像素子を設けた放射線検出ユニットを複数個配列した構成となっている。

25 しかし、上記放射線検出器には、以下に示すような問題点があった。すなわち、上記放射線検出器は、特殊形状（三角柱形状）の上記光学部材を含む複数の放射

線検出ユニットを、その受光面が同一平面上に配置されるように配列する必要があるため、受光面を大面積化することは容易ではない。また、撮像素子の配置上の制約等から受光面の大面積化には限度があり、医療、工業等の用途から生じる要請を満たす程度の十分な大面積化が図れない。

5

発明の開示

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、受光面を容易かつ十分に大きくすることができる光学素子及び放射線検出器を提供することを課題とするものである。

- 10 上記課題を解決するために、本発明の光学素子は、複数の光ファイバを互いに平行に配置して一体成形され、互いに略平行な入射端面、出射端面を有する平板形状の光学部材を複数有し、上記光学部材は、上記入射端面それぞれが略同一平面上に配置されるように配列され、互いに隣接する上記光学部材の側面それぞれは、接着剤により接着され、上記側面を接着されることにより一体化された上記
- 15 入射端面には、放射線の入射に伴い光を発するシンチレータが堆積されていることを特徴としている。また、本発明の放射線検出器は、上記光学素子と、上記光学部材の上記出射端面から出力される光イメージを撮像する撮像素子とを備えたことを特徴としている。

- 20 複数の上記光学部材を、入射端面が略同一平面上に配置されるように配列し、互いに隣接する光学部材の側面を接着剤により接着し、一体化された上記入射端面にシンチレータを成長させることで、放射線検出器の受光面を容易かつ十分に大きくすることが可能となる。

図面の簡単な説明

- 25 図1は、本発明の実施形態にかかる放射線検出器の斜視図である。
- 図2は、図1のI-I線に沿った一部拡大断面図である。

図 3 は、本発明の実施形態にかかる光学素子の斜視図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施形態にかかる放射線検出器について図面に基づいて説明する。また、各図面における寸法、形状は実際のものとは必ずしも同一ではなく、理解を容易にするため誇張している部分がある。

まず本実施形態にかかる放射線検出器の構成について説明する。図 1 は、本実施形態にかかる放射線検出器の斜視図であり、図 2 は図 1 の I-I 線に沿った一部拡大断面図である。なお、本発明の光学素子は、本実施形態にかかる放射線検出器に含まれるものであり、本実施形態にかかる放射線検出器から分離して表すと、図 3 に示すようになる。

本実施形態にかかる放射線検出器 10 は、入射端面 12 a, 14 a, 16 a が略同一平面上に配置されるように配列された 3 枚の光学部材 12, 14, 16 と、光学部材 12, 14, 16 の入射端面 12 a, 14 a, 16 a 上に成長されたシンチレータ 18 と、光学部材 12, 14, 16 の出射端面 12 b, 14 b, 16 b から出力される光イメージを撮像する複数の CCD 20 (撮像素子) と、光学部材 12, 14, 16 の出射端面 12 b, 14 b, 16 b から出力される光イメージを CCD 20 に導く複数の導光用光学部材 22 を備えて構成される。以下、詳細に説明する。

光学部材 12, 14, 16 はそれぞれ同様の形状を有するため、以下、光学部材 12 についてのみ説明する。光学部材 12 は、数百万本/cm²の光ファイバ (直径約 6 μm 程度) を互いに平行に配置して一体成形して構成され、当該光ファイバの軸とほぼ垂直に交差するとともに互いに略平行な入射端面 12 a 及び出射端面 12 b を有している。すなわち、入射端面 12 a に入射した光イメージは、光学部材 12 を構成する上記各光ファイバ内を伝搬し、出射端面 12 b から出力される。

光学部材 12 の入射端面 12 a 及び出射端面 12 b は、短辺が 63 mm 程度、
長辺が 270 mm 程度の長方形状となっており、入射端面 12 a と出射端面 12
b との間隔は 4 mm 程度となっている。従って、光学部材 12 は、63 mm × 2
70 mm 程度の長方形状の底面を有し、厚さが 4 mm 程度の平板形状となってい
5 る。

3 枚の光学部材 12, 14, 16 は、入射端面 12 a, 14 a, 16 a がほぼ
同一平面上に配置されるように配列される。より具体的には、光学部材 12, 1
4, 16 の長辺側の側面 12 c, 14 c, 16 c が互いに隣接するように配列さ
れる。

10 3 枚の光学部材 12, 14, 16 の互いに隣接する側面 12 c, 14 c, 16
c は、接着剤 24 により接着、固定されている。ここで、接着剤 24 としては、
シンチレータ 18 内で生じて接着剤 24 に入射する光を吸収することのできるも
のが用いられ、特に、シンチレータ 18 内で生じて接着剤 24 に入射する光うち
50% 以上を吸収することのできるものが用いられることが好ましい。かかる接
15 着剤 24 の一例を挙げれば、EPOXY TECHNOLOGY 社製の EPO-
TEK 353ND (商品名) などを用いることが可能である。

上述の如く、3 枚の光学部材 12, 14, 16 を配列することで、入射端面 1
2 a, 14 a, 16 a を一体化することが可能となる。より具体的には、3 枚の
光学部材 12, 14, 16 を配列、接着し、その外周面を研磨することにより、
20 実質的に 186 mm × 248 mm 程度の大面積の入射端面が形成される。ここで、
大量の光ファイバを一体成形することによって、大面積の入射端面を有する光学
部材をはじめから形成することも考えられるが、一体成形する光学部材の入射端
面が大きくなるに従って、その均質性の制御等も困難となることから、上記の如
く比較的小面積の入射端面を有する光学部材を複数配列させて大面積の入射端面
25 を形成する方法は極めて実際的かつ経済的である。

また、3 枚の光学部材 12, 14, 16 の互いに隣接する側面 12 c, 14 c,

16 c間には接着剤24が注入されているため、かかる接着剤24が注入された部分は、入射端面側から出射端面側に光イメージを伝搬することができないデッドスペースとして作用する。従って、3枚の光学部材12, 14, 16の互いに隣接する側面12 c, 14 c, 16 cの間隔、すなわち、接着剤24が注入された領域の幅はできるだけ狭い方が好ましい。本実施形態にかかる放射線検出器10においては、接着剤24の注入によって生ずるデッドスペースの幅と接着剤24の接着能力とを比較考量し、3枚の光学部材12, 14, 16の互いに隣接する側面12 c, 14 c, 16 cの間隔、すなわち、接着剤24が注入された領域の幅を10～15 μ mとしている。また、3枚の光学部材12, 14, 16の側面12 c, 14 c, 16 cのうち互いに隣接しない側面12 c, 14 c, 16 c、すなわち、外部に露出する側面には、光透過率が50%以下である遮光材25が塗布により形成されている（図1（図3も同様）においては一部切り欠いて示している）。

3枚の光学部材12, 14, 16を配列することによって一体化された入射端面12 a, 14 a, 16 a上には、X線等の放射線の入射に伴い可視光を発するシンチレータ18が気相成長によって形成されている。シンチレータ18は、CsIから形成されるとともに入射端面12 a, 14 a, 16 aから略垂直方向に600 μ m程度延びる柱状構造体の配列として形成されている。

また、シンチレータ18上には、シンチレータ18を機械的に保護するとともにシンチレータ18を形成するCsIの潮解を防止する保護膜26が形成されている。保護膜26は、シンチレータ18上に、第1の層28（耐湿保護層）、第2の層30、第3の層32を順次積層した3層構造となっている。より詳細には、保護膜26は、シンチレータ18上だけでなくシンチレータ18の側面及び光学部材12, 14, 16の側面12 c, 14 c, 16 cまでを覆うように形成されている。

第1の層28は、ポリバラキシリレン樹脂からなり、シンチレータ18に接す

るように形成されている。より具体的には、CsIの柱状構造体の間隙を満たすとともに、当該柱状構造体の最頂部からさらに10 μ m程度成長して形成される。かかるポリバラキシリレン樹脂としては、スリーボンド社製のバリレン（商品名）などが存在する。ポリバラキシリレン樹脂は、水蒸気及びガスの透過が極めて少
5 なく、撥水性、耐薬品性も高いほか、薄膜でも優れた電気絶縁性を有し、放射線、可視光線に対して透明であるなど、シンチレータ18を保護するにふさわしい優れた特徴を有している。

ポリバラキシリレンによるコーティングの詳細については、スリーボンド・テクニカルニュース（1992年4月9日23日発行）に記されており、ここでは、
10 その特徴を述べる。

ポリバラキシリレンは、金属の真空蒸着と同様に真空中で支持体の上に蒸着する化学的蒸着（CVD）法によってコーティングすることができる。これは、原料となるジバラキシリレンモノマーを熱分解して、生成物をトルエン、ベンゼンなどの有機溶媒中で急冷しダイマーと呼ばれるジバラキシリレンを得る工程と、
15 このダイマーを熱分解して、安定したラジカルバラキシリレンガスを生成させる工程と、発生したガスを素材上に吸着、重合させて分子量約50万のポリバラキシリレン膜を重合形成させる工程からなる。

ポリバラキシリレン蒸着と金属の真空蒸着には、2つの大きな違いがある。まず、ポリバラキシリレン蒸着時の圧力は、金属真空蒸着の場合の圧力0.001
20 トールに比べて高い0.1～0.2トールであること、そして、ポリバラキシリレン蒸着の適応係数が金属蒸着の適応係数1に比べて2桁から4桁低いことである。このため、蒸着時には、単分子膜が被着物全体を覆った後、その上にポリバラキシリレンが蒸着していく。したがって、0.2 μ m厚さからの薄膜をピンホールのない状態で均一な厚さに生成することができ、液状では不可能だった鋭角部やエッジ部、ミクロンオーダの狭い隙間へのコーティングも可能である。また、
25 コーティング時に熱処理等を必要とせず、室温に近い温度でのコーティングが可

能なため、硬化に伴う機械的応力や熱歪みが発生せず、コーティングの安定性にも優れている。さらに、ほとんどの固体材料へのコーティングが可能である。

第2の層30は、A1からなり、第1の層28上に $0.25\mu\text{m}$ 程度の厚さをもって形成されている。A1は、放射線を透過させ、可視光を反射させる性質を有するため、シンチレータ18で発生した光が外部に漏れるのを防ぎ、放射線検出器10の感度を向上させることができる。

第3の層32は、第1の層28と同様にポリバラキシリレン樹脂からなり、第2の層30上に $10\mu\text{m}$ 程度の厚さをもって形成されている。第2の層30を形成するA1は空气中で腐蝕しやすいが、第2の層30が、ポリバラキシリレン樹脂から成る第1の層28及び第3の層32に挟まれていることで、当該A1が腐蝕から守られている。

導光用光学部材22も、光学部材12等と同様に、数百万本/ cm^2 の光ファイバを互いに平行に配置して一体成形して構成され、当該光ファイバの軸と交差する入射端面22a及び出射端面22bを有している。ただし、導光用光学部材22は、入射端面22aと比較して出射端面22bが小さくなるようなテーパ形状を有している。従って、入射端面22aに入射した光イメージは、導光用光学部材22を構成する上記各光ファイバ内を伝搬し、縮小されて出射端面22bから出力される。

それぞれの導光用光学部材22の入射端面22aは、光学部材12, 14, 16の出射端面12b, 14b, 16bに接している。ここで、それぞれの導光用光学部材22は、光学部材12, 14, 16の出射端面12b, 14b, 16bそれぞれに対応して設けられていなくても良く、3枚の光学部材12, 14, 16を配列することによって一体化された出射端面12b, 14b, 16bを任意に分割したエリア毎に設けられていても良い。本実施形態にかかる放射線検出器10においては、3枚の光学部材12, 14, 16を配列することによって一体化された出射端面12b, 14b, 16bを縦方向に3つ、横方向に4つ、合計

12個のエリアに分割し、各エリアに1つずつの導光用光学部材22が設けられている。従って、合計12個の導光用光学部材22が設けられていることになる。

それぞれの導光用光学部材22の出射端面22bには、CCD20が接続されている。従って、本実施形態にかかる放射線検出器10は、12個のCCD20を備えている。

続いて、本実施形態にかかる放射線検出器の作用及び効果について説明する。シンチレータ18に放射線イメージが入射すると、CsIの放射線-可視光変換作用により、入射した放射線イメージに相当する可視光のイメージ（以下光イメージという）がシンチレータ18の内部で生成される。

シンチレータ18の内部で生成された光イメージは、光学部材12, 14, 16の入射端面12a, 14a, 16aからその内部に入射し、当該光学部材12, 14, 16内を伝搬してその出射端面12b, 14b, 16bから出射される。

光学部材12, 14, 16の出射端面12b, 14b, 16bから出射された光イメージは、複数の部分（本実施形態においては12個の部分）に分割され、それぞれ対応する位置に配置された導光用光学部材22の入射端面22aに入射する。

導光用光学部材22の入射端面22aに入射した、分割された光イメージは、導光用光学部材22の作用によりそれぞれ縮小され、導光用光学部材22の出射端面22bから出射され、それぞれの導光用光学部材22の出射端面22bに接続されたCCD20によって撮像される。その後、それぞれのCCD20によって撮像された撮像画像を、画像処理等によって再配置することで、入射した放射線イメージの撮像画像を得ることが可能となる。

ここで、本実施形態にかかる放射線検出器10は、3枚の光学部材12, 14, 16を、それらの入射端面12a, 14a, 16aが略同一平面上に配置されるように配列し、それらの隣接する側面12c, 14c, 16cを接着剤24で接着固定していることで、容易に入射端面12a, 14a, 16aを一体化し、大

面積の受光面を得ることが可能となる。その結果、極めて広範囲にわたる放射線イメージを撮像することが可能となる。

- また、本実施形態にかかる放射線検出器 10 は、それぞれの光学部材にシンチレータを形成してその後に配列したものと異なり、配列により一体化された入射端面 12 a, 14 a, 16 a にシンチレータ 18 を成長させている。従って、シンチレータを構成する CsI の成長の不均一等に起因して光学部材の縁部に形成されるデッドスペースの発生を最小限に抑えることが可能となる。すなわち、それぞれの光学部材にシンチレータを形成してその後に配列したものは、それぞれの光学部材の縁部に上記デッドスペースが発生するため、かかる光学部材を配列した場合は、その受光面に格子状のデッドスペースが発生する。これに対して、本実施形態にかかる放射線検出器 10 の如く、配列により一体化された入射端面 12 a, 14 a, 16 a にシンチレータ 18 を成長させた場合は、一体化された受光面の最外郭の縁部にのみデッドスペースが生じ、格子状のデッドスペースは生じない。その結果、デッドスペースを極めて小さくすることが可能となる。
- また、本実施形態にかかる放射線検出器 10 において、接着剤 24 は、放射線の入射に伴いシンチレータ 18 内で生じて当該接着剤 24 に入射する光を吸収する特性、特に、放射線の入射に伴いシンチレータ 18 内で生じて当該接着剤 24 に入射する光の 50% 以上を吸収する特性を有している。光学部材 12, 14, 16 を構成する光ファイバは、その入射端面 12 a, 14 a, 16 a にほぼ垂直に配列されることが多いが、必ずしも完全な垂直とは限らず、光ファイバのコアが側面 12 c, 14 c, 16 c に露出する場合もあり、当該側面 12 c, 14 c, 16 c から光が漏洩する場合もある。かかる漏洩光は撮像画像に対してノイズとなり、放射線検出器の S/N 比を低下させる原因となる。ここで、本実施形態にかかる放射線検出器 10 においては、光学部材 12, 14, 16 の側面 12 c, 14 c, 16 c から漏洩する漏洩光を接着剤 24 が吸収することで、S/N 比を向上させることが可能となる。また、かかる接着剤 24 は、有色である場合が多

く、製造時における不良品の目視検査が容易となる。

また、本実施形態にかかる放射線検出器 10 は、互いに隣接する光学部材 12, 14, 16 の間隔を $10 \sim 15 \mu\text{m}$ としている。接着剤 24 が挿入された、互いに隣接する光学部材 12, 14, 16 の間隙は、入射端面側から出射端面側に光イメージを伝搬することができないデッドスペースとして作用する。また、互いに隣接する光学部材 12, 14, 16 の間隙に挿入された接着剤 24 は、光学部材 12, 14, 16 の入射端面 12a, 14a, 16a からみて凹形状となる場合が多い。このような凹形状の発生によりシンチレータ 18 が均一に堆積できなかったり、凹部への不純物の混入がシンチレータ 18 の剥離を引き起こす原因となる場合がある。さらに、接着剤 24 の間隔が広くなればなるほど、凹部の深さは大きくなるので、剥離がより起こりやすくなってしまう。従って、互いに隣接する光学部材 12, 14, 16 の間隔はできるだけ狭い方が好ましい。

表 1 は、光学部材 12, 14, 16 の間隔（表中では単に間隔という）を変化させた場合に、シンチレータ 18 の剥離が発生しない割合、すなわち良品率を示している。

表 1

間隔	サンプル数	良品数	良品率
80 μm 超	3	0	0 %
70 \sim 80 μm	5	1	20 %
60 \sim 70 μm	6	2	33 %
50 \sim 60 μm	8	4	50 %
40 \sim 50 μm	9	6	67 %
30 \sim 40 μm	10	8	80 %
20 \sim 30 μm	10	9	90 %
20 μm 以下	20	20	100 %

表 1 からわかるように、光学部材 12, 14, 16 の間隔を 50 μm 以下とすることで、67 % 以上の良品率を得ることが可能となり、さらに 20 μm 以下と

することで、ほぼ100%の良品率を得ることが可能となる。

ここで、本実施形態にかかる放射線検出器10は、光学部材12, 14, 16の間隔を10~15 μ mとしている。従って、互いに隣接する光学部材12, 14, 16の間で生ずるデッドスペースの幅が20~30 μ mと極めて小さくなる
5とともに、シンチレータ18の剥離を防止することができる。

また、本実施形態にかかる放射線検出器10は、シンチレータ18上に、ポリバラキシリレン樹脂から成る第1の層28、A1からなる第2の層30、ポリバラキシリレン樹脂から成る第3の層を積層した保護膜26を設けている。ここで、ポリバラキシリレン樹脂から成る第1の層28は、水蒸気等を排除することによりシンチレータ18を構成するCsIの潮解を防止し、シンチレータ18の放射線-光変換特性を良好に維持する。また、A1からなる第2の層30は、放射線の入射に伴ってシンチレータ18内で発生した光を閉じ込め、放射線検出器10の検出感度を向上させる。また、ポリバラキシリレン樹脂から成る第3の層32は、水蒸気等を排除することにより第2の層30を構成するA1の腐食を防止す
10
15る。

また、本実施形態にかかる放射線検出器は、CCD20を設けることで、シンチレータ18に入射した放射線イメージを効果的に撮像することが可能となる。さらに、導光用光学部材22を備えることで、光学部材12, 14, 16の出射端面12b, 14b, 16bから出射した光イメージを、効率よくCCD20に
20導くことが可能となる。

上記実施形態にかかる放射線検出器10においては、保護膜26を構成する第1の層28、第3の層32をポリバラキシリレン樹脂によって形成していたが、これは、ポリバラクロロキシリレン樹脂によって形成しても良い。第1の層28、第3の層32をポリバラクロロキシリレン樹脂で形成しても、CsIの潮解、A1の腐食を効果的に防止することが可能となる。ここで、ポリバラクロロキシリレン樹脂の一例としては、スリーボンド社製のバリレンC（商品名）などが挙げ
25

られる。

また、上記実施形態にかかる放射線検出器 10 においては、X 線の入射に伴い可視光を発するシンチレータ 18 を用いていたが、これに限定されるものではない。例えば、X 線の入射に伴い紫外光を発するシンチレータであっても良い。この場合は、紫外光の波長領域に感度を有する撮像素子を用いることにより、放射線イメージを撮像することが可能となる。

産業上の利用可能性

本発明の光学素子及び放射線検出器は、例えば、医療用あるいは工業用等の分野で用いられる大面積の受光部を必要とする放射線検出器に利用できる。

請 求 の 範 囲

1. 複数の光ファイバを互いに平行に配置して一体成形され、互いに略平行な入射端面、出射端面を有する平板形状の光学部材を複数有し、

5 前記光学部材は、前記入射端面それぞれが略同一平面上に配置されるように配列され、

互いに隣接する前記光学部材の側面それぞれは、接着剤により接着され、

前記側面を接着されることにより一体化された前記入射端面には、放射線の入射に伴い光を発するシンチレータが堆積されていることを特徴とする光学素子。

10 2. 前記シンチレータは、気相成長により成長されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光学素子。

3. 前記シンチレータは、柱状に成長された柱状構造体の配列から成ることを特徴とする請求項 2 に記載の光学素子。

15 4. 前記シンチレータは、X線の入射に伴い可視光を発するシンチレータであることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の光学素子。

5. 前記シンチレータは、X線の入射に伴い紫外光を発するシンチレータであることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の光学素子。

6. 前記シンチレータは、CsIを含んで構成されることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の光学素子。

20 7. 前記接着剤は、放射線の入射に伴い前記シンチレータで生じ、該接着剤に入射する光を吸収する接着剤であることを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の光学素子。

8. 前記接着剤は、放射線の入射に伴い前記シンチレータで生じ、該接着剤に入射する光の 50%以上を吸収する接着剤であることを特徴とする請求
25 項 7 に記載の光学素子。

9. 互いに隣接しない前記光学部材の側面には、光透過率が 50%以

下である遮光材が形成されていることを特徴とする請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載の光学素子。

10. 互いに隣接する前記光学部材の間隔は $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 1～9 のいずれか 1 項に記載の光学素子。

5 11. 互いに隣接する前記光学部材の間隔は $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 10 に記載の光学素子。

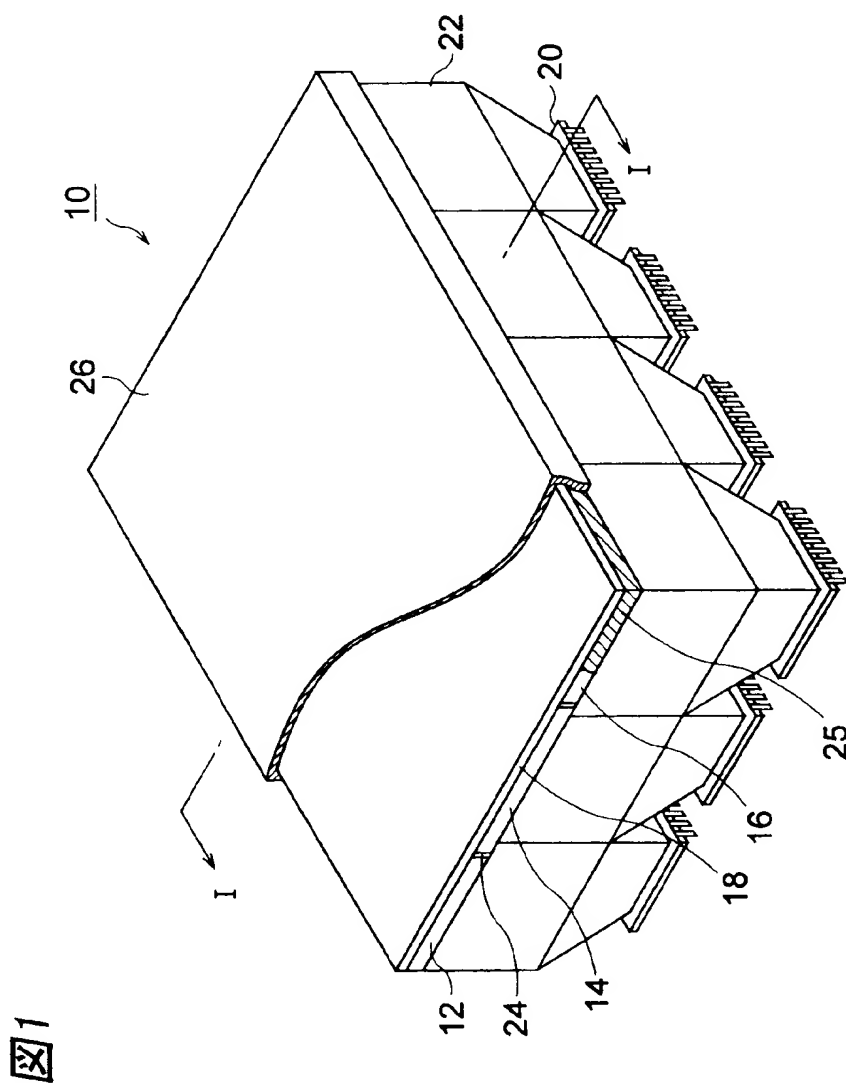
12. 前記シンチレータ上に、保護膜が形成されていることを特徴とする請求項 1～11 のいずれか 1 項に記載の光学素子。

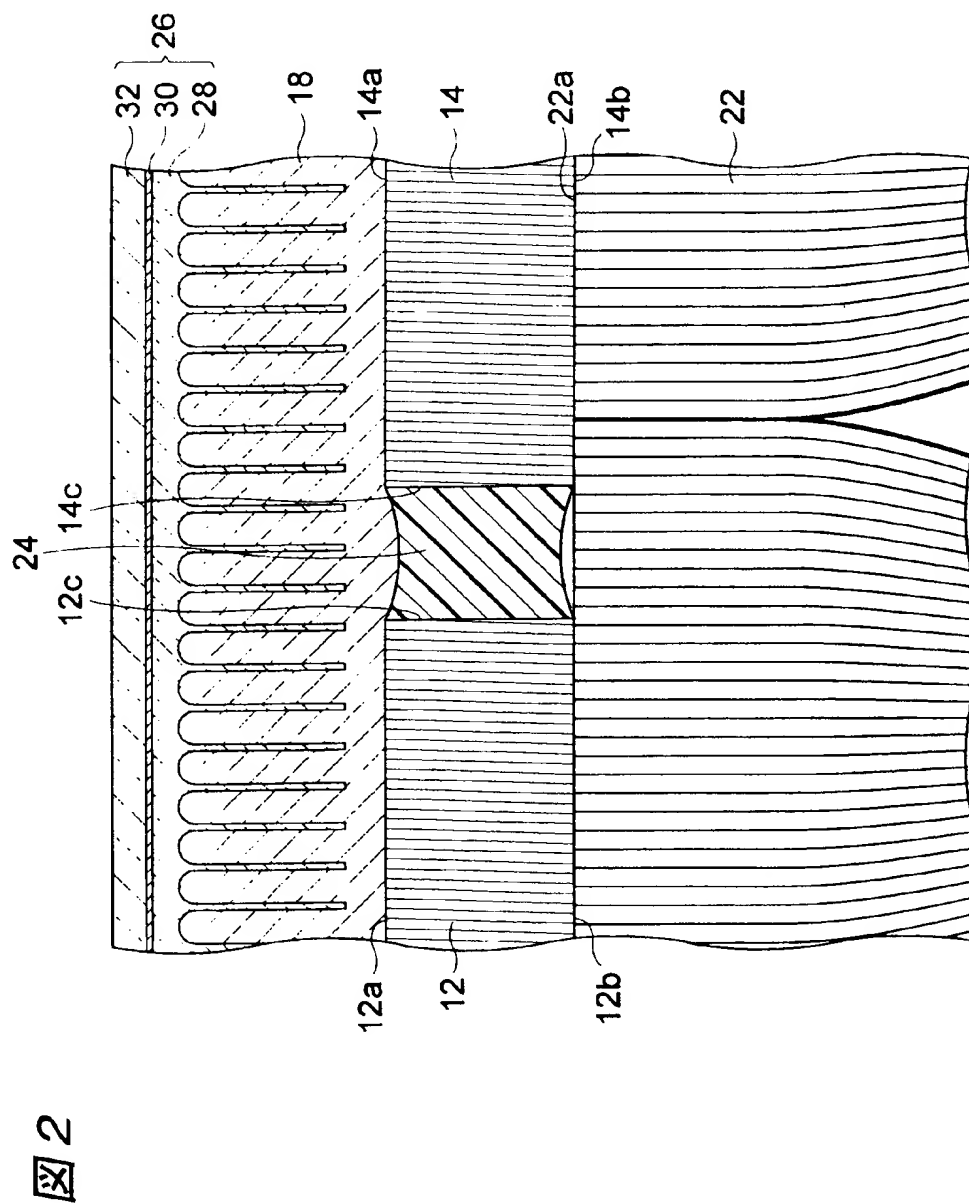
10 13. 前記保護膜は、前記シンチレータに接するように形成されたポリバラキシリレンからなる耐湿保護層を含んで形成されることを特徴とする請求項 12 に記載の光学素子。

14. 前記保護膜は、前記シンチレータに接するように形成されたポリバラクロロキシリレンからなる耐湿保護層を含んで形成されることを特徴とする請求項 12 に記載の光学素子。

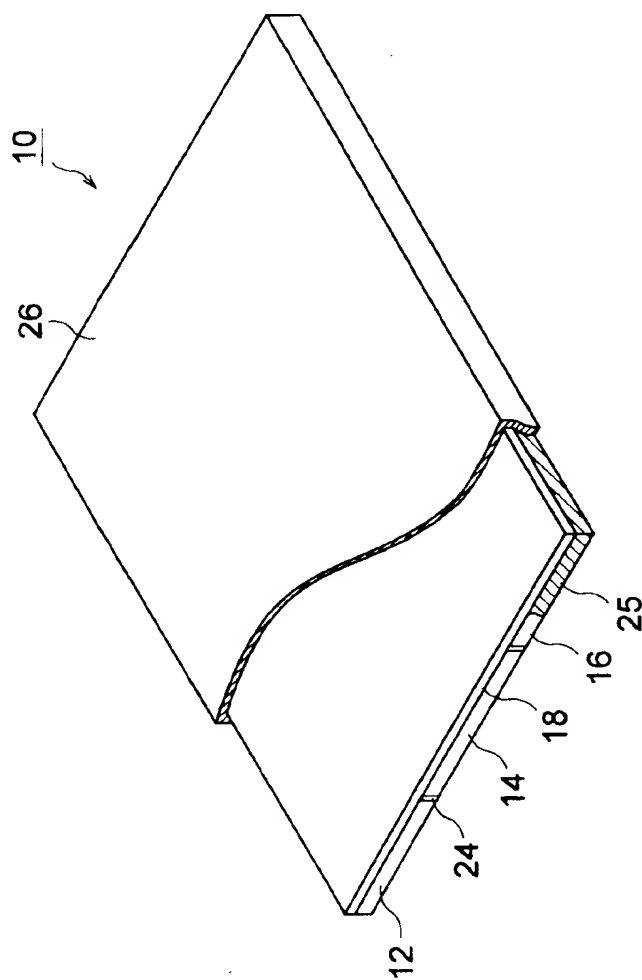
15 15. 請求項 1～14 のいずれか 1 項に記載の光学素子と、前記光学部材の前記出射端面から出力される光イメージを撮像する撮像素子とを備えたことを特徴とする放射線検出器。

20 16. 前記光学部材の前記出射端面から出力される光イメージを前記撮像素子に導く導光用光学部材をさらに備えたことを特徴とする請求項 15 に記載の放射線検出器。





3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/05645

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁶ G01T1/20		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl ⁶ G01T1/20		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1940-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1998 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1998 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1976-1998		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 9-197051, A (Loral Fairchild Corp.), 31 July, 1997 (31. 07. 97), Par. Nos. [0022] to [0025] ; Fig. 7 & EP, 776149, A & CA, 2188193, A & US, 5693948, A & US, 5773832, A	1-9, 12-16
Y	JP, 61-185844, A (Toshiba Corp.), 19 August, 1986 (19. 08. 86), Full text ; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-9, 12-16
Y	JP, 63-215987, A (Hamamatsu Photonics K.K.), 8 September, 1988 (08. 09. 88), Full text ; Figs. 1 to 3 (Family: none)	2-6, 9, 12-14
Y	JP, 60-6889, A (Toshiba Corp.), 14 January, 1985 (14. 01. 85), Page 2, lower right column, line 12 to page 3, upper left column, line 14 ; Figs. 6, 7 (Family: none)	7-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 26 January, 1999 (26. 01. 99)		Date of mailing of the international search report 2 February, 1999 (02. 02. 99)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

05/06/2003, EAST Version: 1.03.0002

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁸ G01T1/20		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁸ G01T1/20		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1940-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-1998年 日本国登録実用新案公報 1994-1998年 日本国実用新案登録公報 1976-1998年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP, 9-197051, A (ローラル フェアチャイルド コーポレーション) 31. 7月. 1997 (31. 07. 97) 段落番号【0022】-【0025】, 第7図 & EP, 776149, A & CA, 2188193, A & US, 5693948, A & US, 5773832, A	1-9, 12-16
Y	JP, 61-185844, A (株式会社東芝) 19. 8月. 1986 (19. 08. 86) 全文, 第1-3図 (ファミリーなし)	1-9, 12-16
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリ 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 26. 01. 99		国際調査報告の発送日 02.02.99
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 田 邊 英 治 電話番号 03-3581-1101 内線 3225

様式PCT/ISA/210 (第2ページ) (1998年7月)

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所を表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 63-215987, A (浜松ホトニクス株式会社) 8. 9月. 1988 (08. 09. 88) 全文, 第1-3図 (ファミリーなし)	2-6, 9, 12-14
Y	J P, 60-6889, A (株式会社東芝) 14. 1月. 1985 (14. 01. 85) 第2頁右下欄第12行-第3頁左上欄第14行, 第6-7図 (ファミリーなし)	7-8

様式PCT/ISA/210 (第2ページの続き) (1998年7月)